

СОПРОВОЖДЕНИЕ ВЫБОРА СКРЕПЕРОВ С УЧЕТОМ РАЦИОНАЛЬНОГО МАРШРУТА ДВИЖЕНИЯ

*Л. А. Хмара, д. т. н., проф., С. И. Кононов, к. т. н.**

** Запорожский строительный колледж*

Ключевые слова: *сопровождение выбора скрепера, инжиниринг, маршрут движения, производительность*

Постановка проблемы. В настоящее время актуальным является вопрос выбора эффективной технологии и организации производства земляных работ скрепером, с учетом: использования конструктивных особенностей земляного сооружения, выбора маршрута перемещаемого груза и эффективного выбора скрепера или парка скреперов. Все эти требования должны обеспечить выполнение заданного объема работ за отведенный промежуток времени с минимальными финансовыми затратами.

Цель исследования. Повысить эффективность строительства при ведении земляных работ за счет рационального маршрута движения парка скреперов.

Основной материал. В мировой практике принято привлекать к строительному процессу инжиниринговые компании. Участие специалистов данного профиля в сопровождении строительства, ремонта, реконструкции или возведении объекта «с нуля» направлено на защиту прав заказчика, важнейшим из которых считается получение желаемого качества строительных работ при рациональном использовании вложенных в них средств.

Главной задачей инжиниринга – научно-технологического сопровождения – является обеспечение решения организационно технологических проблем с минимальным риском ошибок, связанных с проектированием и выполнением комплекса земляных работ с помощью скреперов.

Комплекс инжиниринговых услуг включает в себя множество аспектов: консультационный инжиниринг (проектирование объектов, разработка проектно-сметной документации, разработка планов строительства, контроль проведения работ); технический инжиниринг (предоставление заказчику необходимых для строительства объекта технологий); строительный инжиниринг (все работы по строительству различных объектов, в том числе поставка и монтаж технического оборудования, сдача объекта в эксплуатацию и так далее). Необходимо признать, что к сожалению, заказчик вспоминает об инжиниринге только тогда, когда сталкивается с откровенным строительным или проектным браком [11]. Поэтому главной задачей строительного инжиниринга является контроль над соблюдением технологий выполнения работ, требований нормативных документов, сроков начала и окончания строительства, соответствием стоимости строительства по утвержденной в установленном порядке проектно-сметной документации.

В условиях рыночных отношений становится очевидно, что без грамотного научно-технологического сопровождения выбора технологии и организации для выполнения земляных работ [9; 10], повышения объемов производства, эффективного применения используемого парка машин, а иногда и удержания своих позиций на рынке, невозможно. В связи с этим особое внимание уделяется разработке проекта организации строительства (ПОС) и проекта производства работ (ППР) в соответствии с конструктивными, организационно-технологическими условиями [3; 7] и объёмно-планировочным решением применительно к условиям каждого разрабатываемого объекта [2; 6].

В своей работе мы предлагаем производить воздушную цифровую съемку объекта, с дальнейшей обработкой полученной информации, представив её в формализованном виде с учетом широкого спектра инженерно-геодезических работ с привязкой к заданному объекту. Для этих целей на первом этапе необходимо подобрать оптимальный маршрут передвижения скрепера или парка скреперов, с учетом выполнения широкого спектра инженерно-геодезических, картографических, земельно-кадастровых работ, и комплект машин, который позволил бы эффективно осуществить поставленные задачи с минимальной стоимостью выполняемых работ. Для этих целей производят топографо-геодезические работы на открытой местности в условиях городской застройки, с помощью воздушной съемки выполняют крупномасштабные топографические съемки (1 : 500 – 1 : 5000) местности или же наземными методами современными электронными приборами (триангуляция, трилатарация,

полигометрия, геометрическое нивелирование). Измерения и закладка геодезических пунктов производятся с помощью высокоточного геодезического оборудования и строительной техники в соответствии с инструкциями и нормативами.

На основании результатов топографических съемок создается топографический план местности – картографическое изображение элементов ситуации и рельефа местности, ее планировки, существующих зданий и сооружений с техническими характеристиками. Данные результаты цифровой съемки проходят камеральную обработку данных – происходит это с помощью современного программного обеспечения. Использование полевого кодирования объектов съемки существенно минимизирует временные затраты на последующую камеральную обработку. Обработку цифровой информации можно производить, используя как узкоспециальные программы, так и программы визуализации данных (Geosoft, Surfer и др.), а выполнение камеральных и тематических работ – с использованием программного пакета Micromine (Майкромайн).

Кроме названных программ очень эффективным является использование GPS навигации, которая позволяет определять наиболее оптимальный маршрут перемещения скрепера (рис. 1).

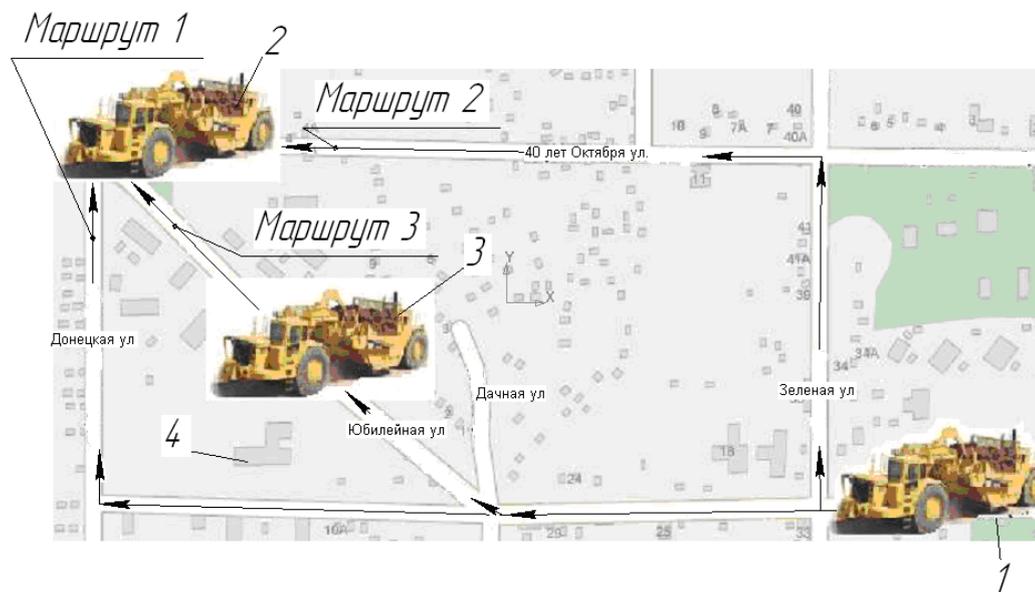


Рис. 1. Выбор рационального маршрута перемещения скрепера: 1 – место набора грунта скрепером; 2 – место выгрузки грунта скрепером; 3 – наиболее оптимальный маршрут перемещения скрепера; 4 – городская застройка

Маршрут движения для каждого случая следует выбирать с учетом местных условий так, чтобы пути движения были наименьшими [14]. Разработанная модель методом сравнения и перебора полученных значений выбирать наиболее эффективный парк машин. Модель даёт более точный, усовершенствованный подход при выборе парка машин, учитывая следующие показатели: конструктивные особенности земляного сооружения; расстояния, на которое перемещается грунт; климатические, геологические условия (рельеф местности, физико-механические свойства грунта и его состояние); сосредоточенность; производительность; продолжительность выполнения работ; объем работ; эффективность рабочего органа, уровень сложности производства земляных работ.

Разработанная модель позволяет осуществлять выбор как одного, так и парка скреперов методом перебора полученных результатов по ряду показателей, наиболее отвечающих условию: $\Pi \rightarrow \max$, $G \rightarrow \min$, $N \rightarrow \min$, $G_{y\delta} \rightarrow \min$, $N_{y\delta} \rightarrow \min$, $\Pi_{NG} \rightarrow \min$, $C_{y\delta} \rightarrow \min$, $\Sigma C \rightarrow \min$. Определяем эксплуатационную производительность парка скреперов по формуле, записанной в таблице 1, алгоритм сопровождения выбора скрепера с учетом технологии и организации строительного производства, при выполнении земляных работ – см. рисунок 2. Полученные показатели суммируем в пределах заданного парка. Представленные данные в формализованном виде вводятся в разработанный программный продукт (рис. 3 – 10).

Таблица 1

Формулы для расчета выбора скреперов [11]

Эксплуатационная производительность:	$\Pi = \frac{600V \cdot \kappa_n \cdot \kappa_6 \cdot L \cdot h \cdot \kappa_p \cdot v_i \cdot v_{ep} \cdot b \cdot a \cdot v_p \cdot v_x \cdot \kappa_c \cdot \kappa_5}{125V \cdot K_{II} \cdot b \cdot a \cdot v_{ep} \cdot v_p \cdot (v_x + v_h) + 0,6 \cdot L \cdot h \cdot \kappa_p \cdot v_i \cdot v_p \cdot (v_{ep} \cdot b \cdot a \cdot v_x + b \cdot a \cdot l_{ep} \cdot v_{ep} + V \cdot \kappa_n \cdot v_p + \eta \cdot t_{нов} \cdot v_{ep} \cdot b \cdot a \cdot v_x)} + V \cdot \kappa_n \cdot v_{ep} \cdot L \cdot h \cdot \kappa_p \cdot v_i \cdot v_x$	$\text{м}^3/\text{ч}$
Удельная материалоемкость:	$G = \frac{125V \cdot K_{II} \cdot b \cdot a \cdot v_{ep} \cdot v_p \cdot (v_x + v_h) + 0,6 \cdot L \cdot h \cdot \kappa_p \cdot v_i \cdot v_p \cdot (v_{ep} \cdot b \cdot a \cdot v_x + b \cdot a \cdot l_{ep} \cdot v_{ep} + V \cdot \kappa_n \cdot v_p + \eta \cdot t_{нов} \cdot v_{ep} \cdot b \cdot a \cdot v_x)}{600V \cdot \kappa_n \cdot \kappa_6 \cdot L \cdot h \cdot \kappa_p \cdot v_i \cdot v_{ep} \cdot b \cdot a \cdot v_p \cdot v_x \cdot \kappa_c \cdot \kappa_5}$	$\frac{\text{кг} \cdot \text{ч}}{\text{м}^3}$
Удельная энергоёмкость:	$N = \frac{125V \cdot K_{II} \cdot b \cdot a \cdot v_{ep} \cdot v_p \cdot (v_x + v_h) + 0,6 \cdot L \cdot h \cdot \kappa_p \cdot v_i \cdot v_p \cdot (v_{ep} \cdot b \cdot a \cdot v_x + b \cdot a \cdot l_{ep} \cdot v_{ep} + V \cdot \kappa_n \cdot v_p + \eta \cdot t_{нов} \cdot v_{ep} \cdot b \cdot a \cdot v_x)}{600V \cdot \kappa_n \cdot \kappa_6 \cdot L \cdot h \cdot \kappa_p \cdot v_i \cdot v_{ep} \cdot b \cdot a \cdot v_p \cdot v_x \cdot \kappa_c \cdot \kappa_5}$	$\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{м}^3}$
Обобщенный показатель по энергоёмкости и материалоемкости:	$\Pi_{NG} = \left(\frac{600V \cdot \kappa_n \cdot \kappa_6 \cdot L \cdot h \cdot \kappa_p \cdot v_i \cdot v_{ep} \cdot b \cdot a \cdot v_p \cdot v_x \cdot \kappa_c \cdot \kappa_5}{125V \cdot K_{II} \cdot b \cdot a \cdot v_{ep} \cdot v_p \cdot (v_x + v_h) + 0,6 \cdot L \cdot h \cdot \kappa_p \cdot v_i \cdot v_p \cdot (v_{ep} \cdot b \cdot a \cdot v_x + b \cdot a \cdot l_{ep} \cdot v_{ep} + V \cdot \kappa_n \cdot v_p + \eta \cdot t_{нов} \cdot v_{ep} \cdot b \cdot a \cdot v_x)} + V \cdot \kappa_n \cdot v_{ep} \cdot L \cdot h \cdot \kappa_p \cdot v_i \cdot v_x \right)^2$	$\frac{\text{кг} \cdot \text{кВт} \cdot \text{ч}}{(\text{м}^3/\text{ч})^2}$
Фактическое время, затраченное на выполнение требуемого объема работ:	$T_{\text{ф.с.}} = \frac{A_{\text{об}} \cdot B_{\text{об}} \cdot H_{\text{об}} \cdot (125V \cdot K_{II} \cdot b \cdot a \cdot v_{ep} \cdot v_p \cdot (v_x + v_h) + 0,6 \cdot L \cdot h \cdot \kappa_p \cdot v_i \cdot v_p \cdot (v_{ep} \cdot b \cdot a \cdot v_x + b \cdot a \cdot l_{ep} \cdot v_{ep} + V \cdot \kappa_n \cdot v_p + \eta \cdot t_{нов} \cdot v_{ep} \cdot b \cdot a \cdot v_x)) + V \cdot \kappa_n \cdot v_{ep} \cdot L \cdot h \cdot \kappa_p \cdot v_i \cdot v_x}{600V \cdot \kappa_n \cdot \kappa_6 \cdot L \cdot h \cdot \kappa_p \cdot v_i \cdot v_{ep} \cdot b \cdot a \cdot v_p \cdot v_x \cdot \kappa_c \cdot \kappa_5}$	час
Определяем стоимость машино-часа, входящего в парк машин:	$C_{\text{з.мч.парка}} = C_{\text{з.мч.1}} + C_{\text{з.мч.2}} + \dots + C_{\text{з.мч.n}}$	грн
Суммарная стоимость эксплуатации:	$\Sigma C = C_{\text{з.мч.парка}} \cdot T_{\text{ф.с.}}$	грн

где V – геометрическая вместимость ковша скрепера, m^3 ; $T_{ц}$ – время цикла, с; $v_n, v_{тр}, v_p, v_{х.х}$ – соответствующие скорости движения, км/ч; $t_{пов}$ – время одного поворота за цикл, с; n_l – число поворотов за цикл; h – максимальная глубина резания, м; L – ширина резания, м; δ – средняя толщина слоя отсыпки, м; a – ширина полосы резания, м; K_n – коэффициент наполнения ковша; $K_в$ – коэффициент использования скрепера по времени; K_c – коэффициент использования скрепера в зависимости от времени года; K_p – коэффициент разрыхления грунта; $K_э$ – коэффициент, учитывающий эффективность комбинированных методов интенсификации воздействия на грунт; $n_{м.ч}$ – количество машино-часов; $C_{эк}$ – стоимость эксплуатации 1 машино-часа, грн.

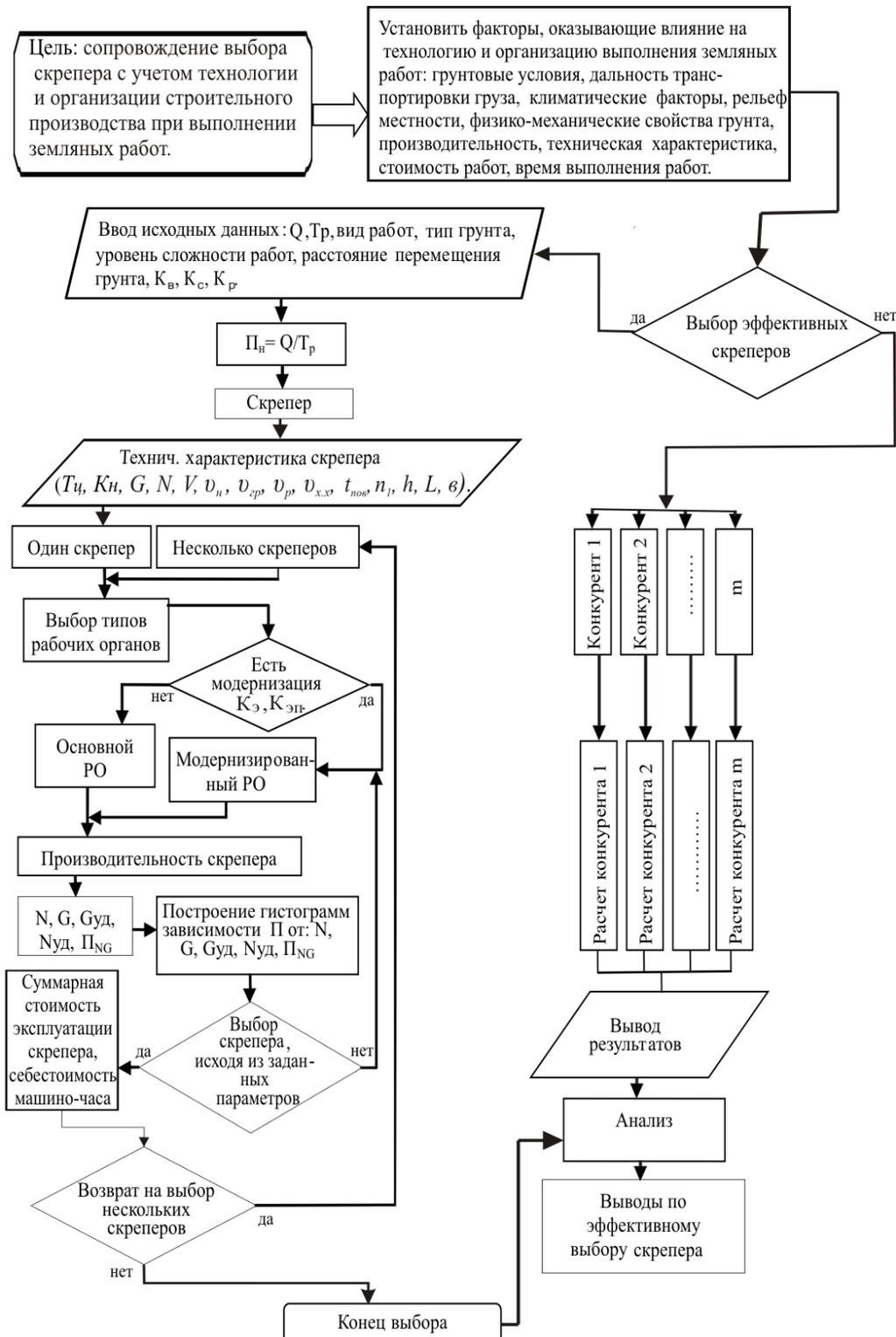


Рис. 2. Алгоритм сопровождения выбора скрепера с учетом технологии и организации строительного производства при выполнении земляных работ



Рис. 3. Главный интерфейс программы:
1 – кнопка ввода исходных данных

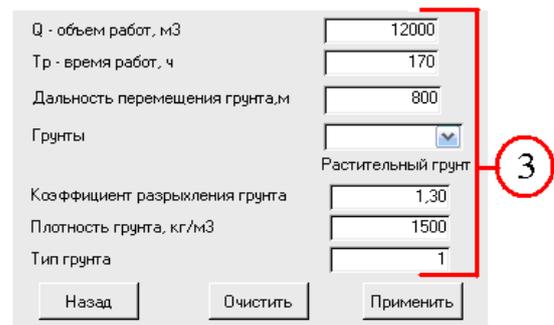


Рис. 4. Ввод данных по объекту:
3 – числовые значения по выбранному объекту

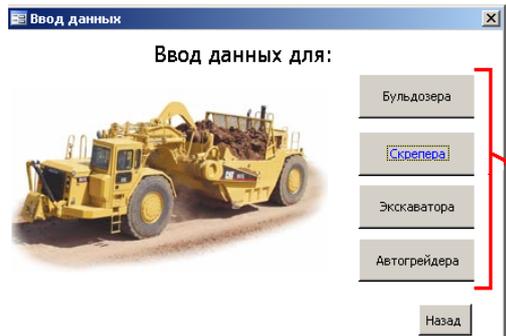


Рис. 5. Выбор ведущей машины: 2 – выбор скрепера

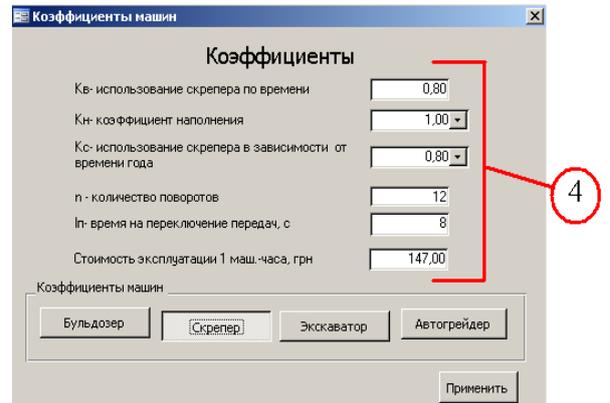


Рис. 6. Технические характеристики и коэффициенты: 4 – числовые значения по коэффициентам и техническим параметрам скрепера

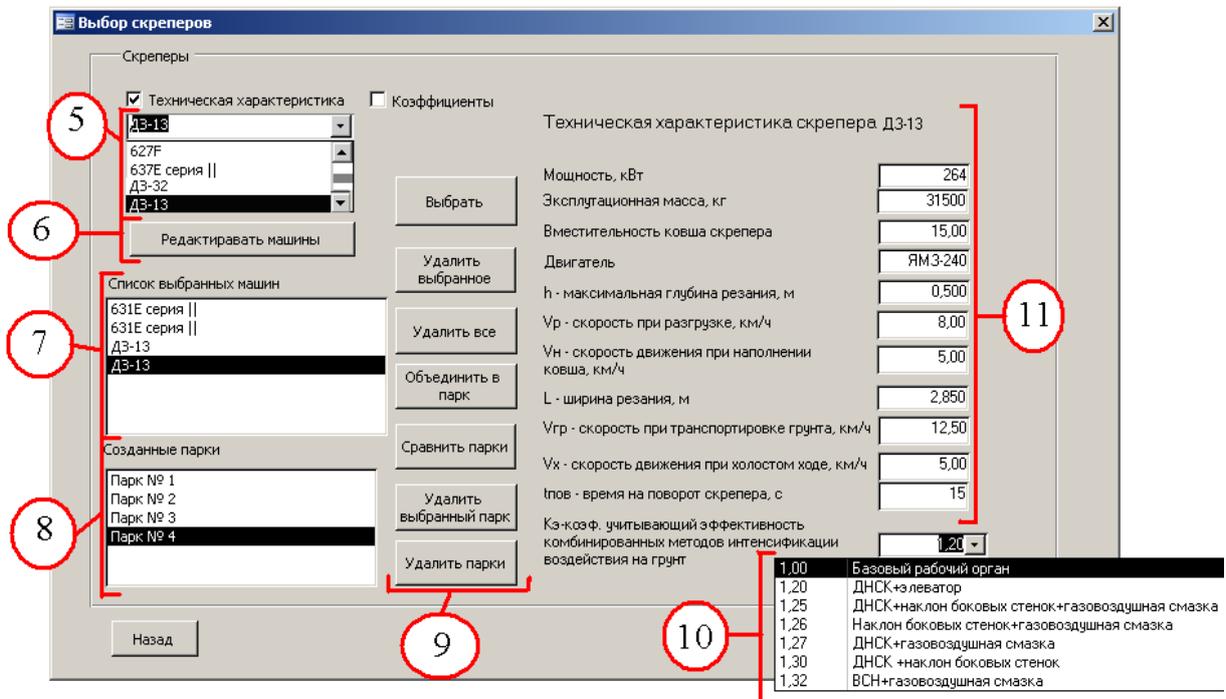


Рис. 7. Интерфейс выбора скреперов с технической характеристикой: 5 – база данных по выбранным скреперам; 6 – кнопка редактирования; 7 – список выбранных скреперов; 8 – созданные парки скреперов; 9 – кнопки управления программой; 10 – значение коэффициента эффективности комбинированных методов интенсификации воздействия на грунт; 11 – техническая характеристика скрепера

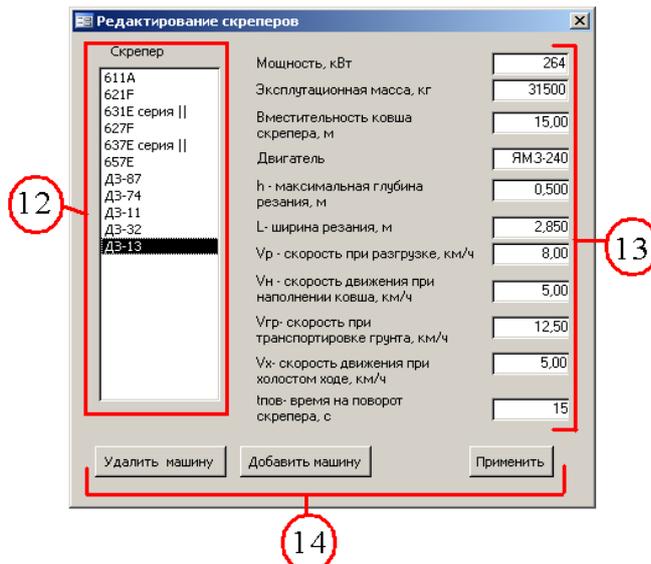


Рис. 8. Редактирование и добавление в базу данных машин: 12 – база данных по скреперам; 13 – техническая информация по выбранной машине; 14 – кнопки управления

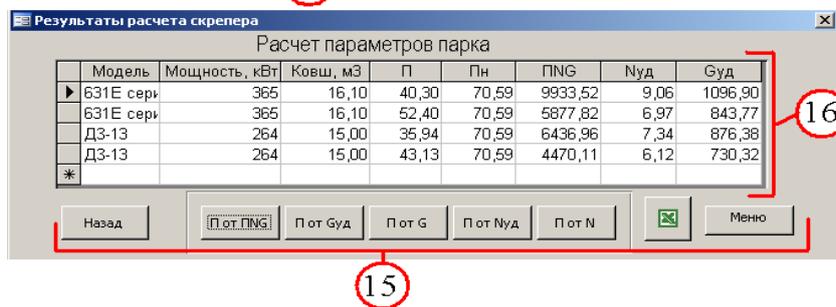


Рис. 9. Интерфейс расчета параметров выбранного парка: 15 – кнопки обработки информации для построения гистограмм; 16 – результаты расчета выбранных машин

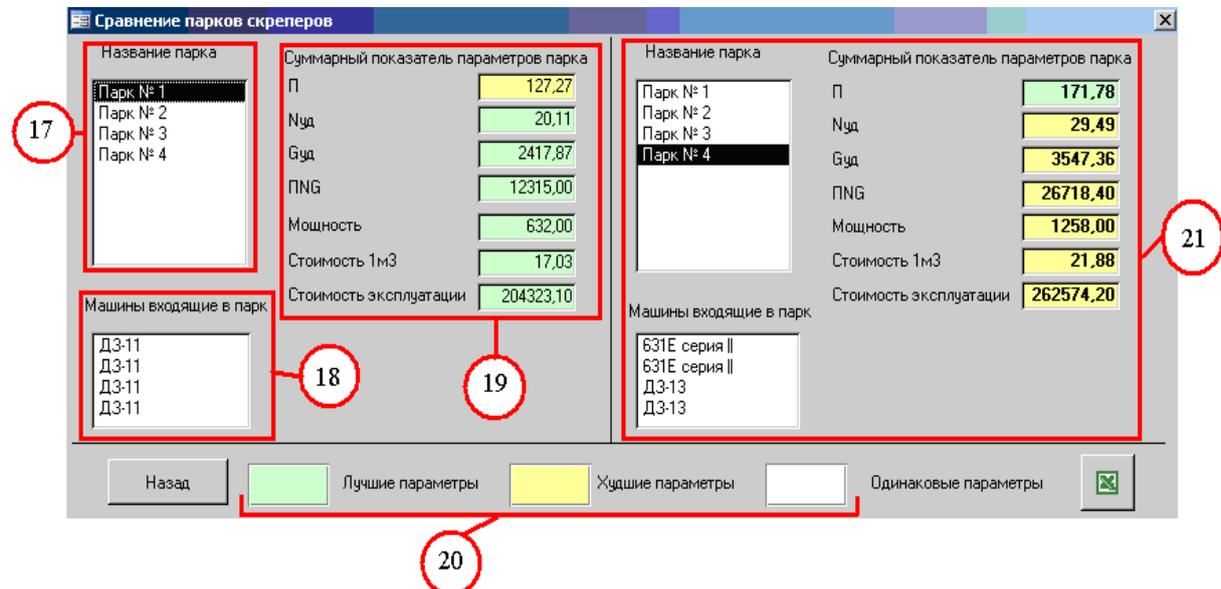


Рис. 10. Интерфейс сравнения параметров выбранных парков скреперов: 17 – название парка; 18 – машины, входящие в парк; 19 – суммарный показатель параметров парков скреперов; 20 – эффективное цветовое выделение параметров парка; 21 – техническая характеристика выбранного парка

Рассмотрим научное сопровождение парков скреперов на этапе их выбора, основываясь на показателях: $G_{yд}$, $N_{yд}$, $П_{NG}$, $C_{yд}$, ΣC , дополненных исходными данными – фактом продолжительности выполнения работ – T_p , объемом работ – Q , эффективным маршрутом перемещения грунта – L , конструктивными особенностями земляного сооружения, представленного в формализованном виде через геометрические параметры для идентификации под технические характеристики парка машин.

Исходные данные по объекту предоставлены заказчиком. Движение скреперов

осуществляется с учетом местных условий и выбранного маршрута, который бы обеспечивал наименьшие пути движения парка скреперов [1]. Исходные данные по паркам скреперов – рисунки 4, 6, 7, таблица 2.

Таблица 2
Исходные данные по имеющимся паркам скреперов [4; 12; 13].

№	Модель	Мощность, N, кВт	Общая масса, G, кг	Модернизация рабочего органа	Кэ	Вмести мость ковша, м ³	h, м	L, м	Vн, км/ч	Vгр, км/ч
Парк № 1										
1	ДЗ–11	158	19 000	Базовый рабочий орган	1,00	9,00	0,50	2,72	6,00	14,00
2	ДЗ–11	158	19 000	ДНСК + элеватор	1,20	9,00	0,50	2,72	6,00	14,00
3	ДЗ–11	158	19 000	ДНСК + наклон боковых стенок	1,30	9,00	0,50	2,72	6,00	14,00
4	ДЗ–11	158	19 000	ВСН + газоздушная смазка	1,32	9,00	0,50	2,72	6,00	14,00
Парк № 2										
1	ДЗ–32	158	22 000	Базовый рабочий орган	1,00	10,00	0,50	2,90	6,00	14,00
2	ДЗ–32	158	22 000	ДНСК + элеватор	1,20	10,00	0,50	2,90	6,00	14,00
3	627F	246	37 060	ДНСК + элеватор	1,20	10,70	0,33	3,02	4,00	15,00
4	627F	246	37 060	Базовый рабочий орган	1,00	10,70	0,33	3,02	4,00	15,00
Парк № 3										
1	621F	246	32 090	Базовый рабочий орган	1,00	10,70	0,52	3,02	5,00	14,00
2	621F	246	32090	ДНСК + элеватор	1,20	10,70	0,52	3,02	5,00	14,00
3	627F	246	37 060	Базовый рабочий орган	1,00	10,70	0,33	3,02	4,00	15,00
4	627F	246	37 060	ДНСК + элеватор	1,20	10,70	0,33	3,02	4,00	15,00
Парк № 4										
1	631E серия II	365	44 210,00	Базовый рабочий орган	1,00	16,10	0,48	3,51	5,00	12,00
2	⁶ 31E серия II	365	44 210,00	ДНСК + наклон боковых стенок	1,30	16,10	0,48	3,51	5,00	12,00
3	ДЗ–13	264	31 500,00	Базовый рабочий орган	1,00	15,00	0,5	2,85	5,00	12,50
4	ДЗ–13	264	31 500,00	ДНСК + элеватор	1,20	15,00	0,5	2,85	5,00	12,50

Таблица 3

Коэффициент, учитывающий эффективность комбинированных методов интенсификации воздействия на грунт

№ п/ п	Конструкция рабочего органа скрепера	Значение коэффициента, K_s
1	Базовый рабочий орган	1,00
2	Скрепер с ВСН + газозвоздушная смазка	1,3 – 1,34
3	Скрепер с ДНСК + наклон боковых стенок	1,3
4	Скрепер с ДНСК + элеватор	1,15 – 1,25
5	Скрепер с ДНСК + газозвоздушная смазка	1,25 – 1,28
6	Скрепер с ДНСК	1,092 – 1,218
7	Ковш скрепера с ВСН	1,2 – 1,25

Примечание: ДНСК – двухножевая система копания; ВСН – выступающий средний нож [1; 2].

Из данной таблицы видно влияние коэффициента K_s на производительность, удельный показатель энергоёмкости и материалоемкости, а также обобщенный показатель материалоемкости и энергоёмкости.

Результаты сравнительного анализа рассматриваемых парков скреперов заносим в таблицу 4. Проведенные исследования и анализ рассматриваемых парков позволяют утверждать, что сопровождение на этапе выбора эффективного парка целесообразно осуществлять по многокритериальной оценке, методом перебора полученных значений материалоемкости, энергоёмкости, обобщенного показателя материалоемкости и энергоёмкости, суммарной стоимости выполнения работ, стоимости 1 м^3 , дополненных конструктивными особенностями земляного сооружения, представленного в формализованном виде через геометрические параметры для идентификации под технические характеристики парка машин.

Полученные результаты расчетов мы занесли в таблицу 4. Так, из четырех выбранных парков скреперов наиболее эффективным по стоимостным показателям является парк № 1. Экономия от суммарной стоимости при выборе данного парка скреперов составляет от 24 504,9 до 58 251,1 грн.

Таблица 4

Выбор эффективного парка скреперов

№	Модель	Модернизация рабочего органа	K_s	$G_{уд},$ $\frac{\text{кг} \cdot \text{ч}}{\text{м}^3}$	$N_{уд},$ $\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{м}^3}$	$\Pi_{NG},$ $\frac{\text{кг} \cdot \text{кВт}}{(\frac{\text{м}^3}{\text{ч}})^2}$	$\Pi,$ $\text{м}^3/\text{ч}$	Себестои мость 1 м^3	$\Sigma C,$ грн
Парк № 1									
1	ДЗ-11	Базовый рабочий орган	1,00	2 417,87	20,11	12 315	127,27	17,03	20 4323,1
2	ДЗ-11	ДНСК + элеватор	1,20						
3	ДЗ-11	ДНСК + наклон боковых стенок	1,30						
4	ДЗ-11	ВСН + газозвоздушная смазка	1,32						
Парк № 2									
1	ДЗ-32	Базовый рабочий орган	1,00	3 695,93	25,24	25 328,4	130,64	19,07	228 828,0
2	ДЗ-32	ДНСК + элеватор	1,20						
3	627F	ДНСК + элеватор	1,20						
4	627F	Базовый рабочий орган	1,00						

Парк № 3									
1	621F	Базовый рабочий орган	1,00	4 484,69	31,92	3 6071	124,35	20,64	24 7659,9
2	621F	ДНСК + элеватор	1,20						
3	627F	Базовый рабочий орган	1,00						
4	627F	ДНСК + элеватор	1,20						
Парк № 4									
1	631E серия II	Базовый рабочий орган	1,00	3 547,36	29,49	26 718,4	171,78	21,88	26 2574,2
2	631E серия II	ДНСК + наклон боковых стенок	1,30						
3	ДЗ-13	Базовый рабочий орган	1,00						
4	ДЗ-13	ДНСК + элеватор	1,20						

Разработанные математическая модель и алгоритм решения позволяют эффективно подобрать комплект скреперов с учетом эффективности комбинированных методов интенсификации воздействия на грунт под заданный объем работ в ограниченный промежуток времени с учетом технических и эксплуатационных параметров объекта. Это показала эффективность выбора парка машин методом перебора полученных результатов из имеющихся в наличии свободных машин и выбора эффективного парка, используя компьютерное моделирование возможных ситуаций и их дальнейший анализ.

В таблице 5 приведен выбор эффективной машины или парка машин по многокритериальной оценке, методом перебора полученных результатов для выполнения заданного технологического процесса с максимальной экономией материальных и энергетических ресурсов, состоящих из n -го количества машин, которые могут иметь i -е количество модернизаций как машины, так и её рабочего органа соблюдением условия: $G_{y\delta \text{эф}} = G_{y\delta \text{мин}}$; $N_{y\delta \text{эф}} = N_{y\delta \text{мин}}$; $C_{y\delta \text{эф}} = C_{y\delta \text{мин}}$; $\Pi_{NG \text{эф}} = \Pi_{NG \text{мин}}$; $\Sigma C_{\text{эф}} = \Sigma C_{\text{мин}}$.

Таблица 5

Выбор эффективной машины с максимальной экономией материальных и энергетических ресурсов

Наименование	Модернизация машины или рабочего органа	Номер машины					$\min G_{y\delta}$	$\min N_{y\delta}$	$\min C_{y\delta}$	$\min \Pi_{NG}$	$\min \Sigma C$
		1	2	3	...	n					
Машины для земляных работ	1	$G_{y\delta 1.1}$ $N_{y\delta 1.1}$ $C_{y\delta 1.1}$ $\Pi_{NG 1.1}$ $\Sigma C_{1.1}$	$G_{y\delta 1.2}$ $N_{y\delta 1.2}$ $C_{y\delta 1.2}$ $\Pi_{NG 1.2}$ $\Sigma C_{1.2}$	$G_{y\delta 1.3}$ $N_{y\delta 1.3}$ $C_{y\delta 1.3}$ $\Pi_{NG 1.3}$ $\Sigma C_{1.3}$...	$G_{y\delta 1.n}$ $N_{y\delta 1.n}$ $C_{y\delta 1.n}$ $\Pi_{NG 1.n}$ $\Sigma C_{1.n}$	$G_{y\delta \text{эф}}$	$N_{y\delta \text{эф}}$	$C_{y\delta \text{эф}}$	$\Pi_{NG \text{эф}}$	$\Sigma C_{\text{эф}}$
	2	$G_{y\delta 2.1}$ $N_{y\delta 2.1}$ $C_{y\delta 2.1}$ $\Pi_{NG 2.1}$ $\Sigma C_{2.1}$	$G_{y\delta 2.2}$ $N_{y\delta 2.2}$ $C_{y\delta 2.2}$ $\Pi_{NG 2.2}$ $\Sigma C_{2.2}$	$G_{y\delta 2.3}$ $N_{y\delta 2.3}$ $C_{y\delta 2.3}$ $\Pi_{NG 2.3}$ $\Sigma C_{2.3}$...	$G_{y\delta 2.n}$ $N_{y\delta 2.n}$ $C_{y\delta 2.n}$ $\Pi_{NG 2.n}$ $\Sigma C_{2.n}$					
						
	i	$G_{y\delta i.1}$ $N_{y\delta i.1}$ $C_{y\delta i.1}$ $\Pi_{NG i.1}$ $\Sigma C_{i.1}$	$G_{y\delta i.2}$ $N_{y\delta i.2}$ $C_{y\delta i.2}$ $\Pi_{NG i.2}$ $\Sigma C_{i.2}$	$G_{y\delta i.3}$ $N_{y\delta i.3}$ $C_{y\delta i.3}$ $\Pi_{NG i.3}$ $\Sigma C_{i.3}$...	$G_{y\delta i.n}$ $N_{y\delta i.n}$ $C_{y\delta i.n}$ $\Pi_{NG i.n}$ $\Sigma C_{i.n}$					

Исходя из этого, осуществляем подбор комплекта машин.

Вывод. Проведенные исследования и анализ позволяют утверждать, что эффективное сопровождение машин для выполнения земляных работ целесообразно осуществлять по многокритериальной оценке методом перебора полученных результатов материалоемкости, энергоемкости, обобщенного показателя материалоемкости и энергоемкости, дополненных конструктивными особенностями земляного сооружения, представленного в формализованном виде через геометрические параметры для идентификации под технические характеристики машин для земляных работ. Разработанная методика дает более эффективный выбор парка скреперов за счет того, что учитываются: производительность, модернизация рабочего органа, эффективный маршрут движения парка скреперов, рельеф местности, физико-механические свойства грунта и его состояние.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. **Баловнев В. И.** Интенсификация земляных работ в дорожном строительстве / В. И. Баловнев, Л. А. Хмара. – М. : Транспорт, 1983. – 184 с.
2. **Баловнев В. И.** Повышение производительности машин для земляных работ / В. И. Баловнев, Л. А. Хмара. – К. : Будівельник, 1988. – 152 с.
3. **Белоконь А. И.** Выбор и обоснование строительных машин для реконструкции / А. И. Белоконь. – Д. : ПГАСА, 1997. – 60 с.
4. **Канторер С. Е.** Методы обоснования эффективности применения машин в строительстве / С. Е. Канторер. – М. : 2-е издание, переработанное и дополненное, 1969. – 295 с.
5. **Канюка Н. С.** Комплексная механизация трудоемкости работ в строительстве / Н. С. Канюка, А. В. Резуник, А. А. Новацкий. – К. : Будівельник, 1977. – 256 с.
6. **Кудрявцев Е. М.** Комплексная механизация, автоматизация и механооруженность строительства / Е. М. Кудрявцев – М. : – Стройиздат, 1989. – 246 с.
7. **Тян Р. Б.** Управління проектами: Навч. Посібник / Р. Б. Тянь, Б. И. Холод, В. А. Ткаченко. – Дніпропетр. акад. управл. бізнесу та права, 2000. – 224 с.
8. **Хмара Л. А.** Выбор строительных машин из имеющегося парка (на примере скрепера) / Л. А. Хмара, С. И. Кононов // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – К. : КНУБА, 2009. – № 74. – С. 46 – 52.
9. **Хмара Л. А.** Сопровождение строительных машин на этапе их выбора из имеющегося парка (на примере экскаватора) / Л. А. Хмара, С. И. Кононов // Будівництво України. – 2010. – № 2. – С. 41 – 45.
10. **Хмара Л. А.** Сопровождение машин для земляных работ на этапе их выбора применительно к организации строительного производства / Л. А. Хмара, С. И. Кононов // Интерстроймех-2010. Мат. междунар. науч.-техн. конф. – Т. 2. – Белгород, 2010. – № 2. – С. 185 – 204.
11. **Хмара Л. А.** Методические рекомендации по инжинирингу организации технологических проектов производства земляных работ в строительстве / Л. А. Хмара, С. И. Кононов, П. Е. Уваров // Глав. ин. пробл. реконструкции, эксплуатации и инженерной защиты промышленных, жилых и гражданских объектов Академпромжилреконструкции Академии строительства Украины. – Луганск, 2010. – 36 с.
12. **Холодов А. М.** Землеройно-транспортные машины / А. М. Холодов, В. В. Ничке, Л. В. Назаров. – Харьков : Вища школа, 1982. – 192 с.
13. Caterpillar Эксплуатационные характеристики. Справочник. Издание 30, CAT ® Caterpillar Inc., Пеория, Иллинойс, США, 1999. – 620с.
14. Машини для земляних робіт / Л. А. Хмара, С. В. Кравець, В. В. Нічке, Л. В. Назаров та ін. // За ред. Л. А. Хмари та С. В. Кравця. – Рівне – Дніпропетровськ – Харків. – 2010. – 557 с.
15. Программа Copyright НПФ «АВК Созидатель» АВК-5 (5-2.8.0) Ресурсная стоимостная документация в инвесторских сметах, договорных ценах контрактов, производстве строительных работ. 1994 – 2008.